

CALIBRATION OF SEISMIC STREAMERS IN A HELMHOLTZ RESONATOR

Patent Number: ☐ US5210718
Publication date: 1993-05-11
Inventor(s): LANGELAND JAN-AGE (NO); BJELLAND CATO (NO)
Applicant(s):: GECO AS (NO)
Requested Patent: ☐ DE4217624
Application Number: US19920882548 19920513
Priority Number (s): NO19910002112 19910531
IPC Classification: H04B17/00 ; H04R29/00
EC Classification: G01H3/00B, G01V13/00
Equivalents: ☐ FR2677838, ☐ GB2256273, NL194214B, NL194214C, ☐ NL9200926, NO173035B, NO173035C, NO912112

Abstract

A method for calibration of hydrophone groups is based on the use of a Helmholtz resonator, which is arranged such that a seismic streamer (II) or sections thereof can be placed in the resonator's cavity (1) and connected via a hydrophone group selector (9) to a signal analyzer (6). A sound source (3) provided in the Helmholtz resonator is driven by a white noise signal at a frequency close to the resonator's resonance frequency. The sensitivity of the hydrophones in the respective hydrophone group (10) which is to be calibrated is determined by passing the hydrophone signals to the signal analyzer (6) where they are compared with a reference signal from a reference transducer (5), e.g., a measuring microphone, provided in the resonator. The Helmholtz resonator is designed as a drum-shaped vessel (1) provided with a funnel-shaped neck which constitutes an acoustic horn (2) and creates an impedance matching between the vessel (1), which constitutes a resonant cavity, and an electrodynamic transducer, which constitutes the sound source (3), provided at the smaller end of the horn (2). For the measurements a measuring microphone (5) is provided inside the cavity together with, e.g., a reel (4) or drum on which are wound sections of a seismic streamer, or a seismic streamer (11), whose hydrophone groups (10) are to be calibrated.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung von Hydrofon-(Unterwasserschallempfänger)Gruppen, insbesondere Hydrofon-Gruppen in seismischen Kabeln (Streamer) oder Abschnitten von seismischen Kabeln. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Kalibrierungsvorrichtung für Hydrofon-Gruppen, insbesondere Hydrofon-Gruppen in seismischen Kabeln oder Teilen von seismischen Kabeln, wobei die Kalibriervorrichtung einen Signalanalysator umfaßt, der jeweils mit einer Spannungsquelle für ein Meßmikrofon, einem Hydrofon-Gruppenauswähler und einem Leistungsverstärker zum Ansteuern einer Klangquelle verbunden ist, welche mit dem Signalgenerator des Signalanalysators verbunden ist.

Bei einem bekannten Verfahren werden die Hydrofone in einem seismischen Kabel individuell mittels eines hydrostatischen Druckimpulses in einer fluidgefüllten Kammer oder einer ähnlichen Anordnung kalibriert. Derartige Kalibriervorrichtungen sind unter anderem aus der US-A-43 20 468, der US-A-43 75 679 und der US-A-44 41 173 bekannt. Alternativ dazu kann, wie in der US-A-45 63 756 gezeigt wurde, ein Akustiksignalsimulator Verwendung finden. Es ist weiterhin ein Verfahren zum individuellen Kalibrieren von Hydrofonen bekannt, bei dem diesen elektrische Signale zugeführt werden und die Ausgangsspannungen oder -ströme gemessen werden. Derartige Kalibriervorrichtungen sind unter anderem in der EP 02 03 227 A1 oder in der US-A-46 48 078 beschrieben. Schließlich ist aus der US-PS 42 90 123 ein Verfahren zum Kalibrieren von Hydrofonen innerhalb einer Hydrofongruppe bekannt, bei dem Teile eines seismischen Kabels im Wasser hinter einem kleinen, akustischen Projektor für akustische Testsignale hinterhergezogen werden.

Der Anmelder hat zum Kalibrieren einzelner Hydrofone darüberhinaus ein Kalibrierungssystem mit dem Namen "Distofon" verwendet, das auf der Verwendung eines Hydrofonkalibrators des Typs 4223 der Firma Bruel & Kjaer basiert. Mit diesem System kann beim Kalibrieren der Hydrofone eine Genauigkeit von 0,5 dB erreicht werden. Es erlaubt eine Kalibrierung der Hydrofone in einem Frequenzbereich von 30 bis 300 Hz. Der Anmelder hat darüberhinaus ein System zur Kalibrierung der gesamten Bereiche oder von Hydrofon-Gruppen mit dem Namen "KAVAC" entwickelt. Dieses System basiert auf einer Beschreibung von G. Pickens und umfaßt sechs Baßlautsprecher, die in der Wandung einer Kammer mit einem Volumen von nahezu 2,5 Kubikmeter montiert sind. Die Kalibrierung der Hydrofon-Gruppen wird im "KAVAC"-System bei ungefähr 15 Hz durchgeführt. Diese ist aber mit einer Reihe von Nachteilen behaftet, wie beispielsweise Resonanzen in den Kammerwänden und unvollständige Abdichtung, was zu einem Dipol-Effekt bei niedrigen Frequenzen führt. Das bedeutet aber, daß die Erzeugung eines gleichförmigen Klangfeldes unmöglich ist. Da das "KAVAC"-System darüberhinaus groß und unhandlich ist, besteht die Gefahr, ungenaue Meßergebnisse zu erhalten.

Auch die anderen, zuvor erläuterten Kalibriervorrichtungen geben keine befriedigende Lösung für die Kalibrierung von Hydrofonen in seismischen Kabeln an die Hand. Die bekannten Lösungen betreffen in der Hauptsache die Kalibrierung von einzelnen Hydrofonen. Dieses Verfahren führt aber zu einer hohen Kalibrierzeit und ist dadurch teuer. Darüberhinaus ist es schwer, konsistente Meßbedingungen herzustellen, was

wiederum eine ungenaue Kalibrierung nach sich zieht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, in Kalibriersystem an die Hand zu geben, das eine genaue Kalibrierung von Hydrofon-Gruppen in Bereichen des seismischen Kabels oder im gesamten seismischen Kabel unter exakt gleichen Bedingungen durchzuführen vermag, wobei sie auch gleichzeitig durchgeführt werden sollen, so daß die Kalibrierung schnell und billig durchführbar ist. Darüberhinaus soll ein Verfahren bereitgestellt werden, das sicherstellt, daß die Kalibrierung in einem gleichförmigen Klangfeld durchgeführt wird. Weiterhin soll eine Kalibriervorrichtung zur Durchführung eines Kalibrierverfahrens geschaffen werden, das diese zuvor genannten Aufgaben erfüllt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mittels eines gattungsgemäßen Verfahrens gelöst, das die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 umfaßt. Darüberhinaus wird die Aufgabe mittels einer Kalibriervorrichtung gelöst, die die Merkmale gemäß Anspruch 7 aufweist.

Weitere vorteilhafte Ausführungen des Verfahrens und der Vorrichtung ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Kalibriersystems, das nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens arbeitet, näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Kalibriervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Anordnung eines Lautsprechers in der erfindungsgemäßen Kalibriervorrichtung.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Kalibriervorrichtung verwendet, die auf einem Helmholtz-Resonator basiert. Ein Helmholtz-Resonator ist ein Hohlraum mit einer Öffnung. Wenn eine Klangwelle, die in der Öffnung des Hohlraums angeordnet ist, in einer Frequenz nahe der Resonanzfrequenz des Hohlraums angeregt wird, wird ein gleichförmiges Klangdruckfeld in dem Hohlraum erzeugt. Es ist darauf hinzuweisen, daß der Helmholtz-Resonator als ein individuell angeregter Oszillator zu betrachten ist, das heißt, daß die Resonanz in dem Hohlraum nicht durch stehende Wellen zwischen den Wänden des Hohlraums erzeugt wird.

Der Helmholtz-Resonator in der erfindungsgemäßen Kalibriervorrichtung ist als Kessel ausgeführt, der einen Ansatz in Form eines akustischen Horns aufweist. Am Ende des akustischen Horns ist als Klangquelle ein kleiner Baßlautsprecher montiert. Die Verwendung eines akustischen Horns vergrößert die Wirkung bei niedrigen Frequenzen. Darüberhinaus ermöglicht das akustische Horn eine Impedanzanpassung zwischen der Impedanz der mittleren Luft im Resonator und der Impedanz des Lautsprechers. In der Resonanzfrequenz bewegt sich die Luft im akustischen Horn in Phase mit der Klangwelle, so daß keine Wellenausbreitung stattfindet. Die Luft im Horn bewegt sich wie ein Masseelement und die Resonanz entspricht derjenigen eines einzelnen harmonischen Oszillators. Der Kessel des Helmholtz-Resonators, das heißt der Hohlraum, ist groß genug ausgeführt, um Bereiche eines seismischen Kabels oder ein gesamtes seismisches Kabel in einer besonderen Vorrichtung innerhalb des Kessels, beispielsweise auf einer Kabelrolle, aufzunehmen. Alle Hydrofone, die in dem Kessel eingebracht sind, werden demselben Klangdrucklevel in der Größenordnung der Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators ausgesetzt. Die Sensitivität der verschiedenen Hydrofone in der Gruppe

kann dann dadurch bestimmt werden, daß die Ausgangssignale mit einer bekannten Referenzmeßvorrichtung verglichen werden, die in der Innenseite des Kessels angeordnet ist.

Gemäß einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kalibriervorrichtung wird ein akustisches Horn verwendet, das eine kritische Frequenz von 124 Hz aufweist. Die Phasengeschwindigkeit der Wellen in dem Fluid, welches das akustische Medium in dem Horn bildet, ist eine Funktion der Wellenlänge und geht gegen unendlich, wenn die Frequenz kleiner als die kritische Frequenz ist. Wenn die Phasengeschwindigkeit unendlich wird, bedeutet das, daß alle Teile des Fluids in dem Medium sich in Phase bewegen. Folglich erfolgt keine Wellenfortpflanzung der akustischen Wellen, wenn die Resonanzfrequenz geringer ist als die kritische Frequenz. Als gültige Annahme kann dann gelten, daß die Luft im Horn sich in Phase mit der Klangwelle bewegt, wenn die Resonanzfrequenz des Helmholz-Resonators kleiner ist als die festgestellte kritische Frequenz. Es ist darauf hinzuweisen, daß die Resonanzfrequenz nicht von der Form des Resonators abhängt. Höhere Resonanzen können infolge von stehenden Wellen in dem Hohlraum entstehen. Da die Helmholzresonanz auf Grund der Oszillation des Fluids im akustischen Horn erzeugt wird, sind die höheren Resonanzfrequenzen nicht harmonisch mit der Helmholz-Resonanz verknüpft.

In der zuvor vorgestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kalibriervorrichtung ist die gesamte bewegte Masse, das heißt die Luft im Horn und im Lautsprecherkonus, 0,067 kg. Die Steifigkeit des Lautsprecherkonus beträgt 768 N/m und die Steifigkeit infolge der Volumenkompression beträgt 7 N/m. Dies führt zu einer gesamten effektiven Steifigkeit von 775 N/m. Die Resonanzfrequenz der Kalibriervorrichtung als Helmholz-Resonator ergibt sich aus der Quadratwurzel des Verhältnisses zwischen der gesamten effektiven Steifigkeit und der gesamten bewegten Masse, was in der hier vorliegenden Ausführungsform zu einer Resonanzfrequenz von 17 Hz führt. Dies liegt klar unter der kritischen Frequenz des akustischen Horns, die auf 124 Hz berechnet wurde. Daher kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, daß sich die Luft in dem akustischen Horn in Phase mit der Klangquelle bewegt. Dennoch ist darauf hinzuweisen, daß ein komplizierteres Modell der Kalibriervorrichtung benutzt werden muß, um die exakte Resonanzfrequenz auszurechnen.

Eine Ausführungsform der Kalibriervorrichtung wird im folgenden im einzelnen unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschrieben. Ein sogenannter "Skin"-Tank 1 bildet einen geeigneten Hohlraum. Dies ist ein Kessel, der derart ausgelegt ist, daß er die Innenseite des seismischen Kabels in die Kabelaußenhaut ziehen kann. Der Tank besteht aus Stahl und seine typische Wandstärke beträgt ungefähr 2 cm. Er ist derart ausgelegt, daß er großen Drucken standhält und ist daher starr und luftdicht. Der Tank ist trommelförmig ausgebildet und besteht aus einer oberen und unteren Hälfte. In der Innenseite des Tanks ist eine Trommel oder Haspel 4 angeordnet, auf welche das seismische Kabel 11 oder Kabelbereiche aufgewickelt werden. An der oberen Hälfte des Tanks ist ein hornförmiger Ansatz angesetzt, der das akustische Horn 2 des Helmholz-Resonators bildet. Am Ende des Horns 2 ist ein Lautsprecher 3 angeordnet, der die Klangwelle bildet. Das kombinierte System Tank 1, Horn 2 und Lautsprecher 3 bildet nun einen Helmholz-Resonator. Als Referenzmessungsvorrichtung ist ein

Kondensator-Mikrofon 5 im Inneren des Hohlraums angeordnet. Das Mikrofon 5, beispielsweise des Typs Brül & Kjaer 4133, ist mit einem Signalanalysator 6 verbunden, der beispielsweise von der Bauart Brül & Kjaer 2032 sein kann. Der Signalgenerator in dem Signalanalysator 6 ist mit dem Lautsprecher 3 über einen Leistungsverstärker 7 verbunden. Das Mikrofon 5 wird durch eine geeignete Leistungsquelle 8 gespeist, welche zwischen dem Signalanalysator 6 und dem Mikrofon 5 angeordnet ist. Darüberhinaus ist der Signalanalysator 6 mit den Hydrofon-Gruppen 10 über einen Wählschalter 9 für die Hydrofon-Gruppen 10 verbunden.

Zur Durchführung der Messungen werden das seismische Kabel 11 oder die Kabelbereiche auf die Haspel 4 oder die Trommel im Inneren des Kessels aufgewickelt und die Hydrofon-Gruppen 10 werden mit dem Signalanalysator 6, wie zuvor beschrieben, verbunden. Der Lautsprecher 3 wird mit einem weißen Rauschsignal oder mit einem Signal einer Frequenz nahe der Resonanzfrequenz des Resonators angeregt. In dem Resonator wird nun ein isotropes, akustisches Druckfeld erzeugt und die Sensitivität der Hydrofone in den entsprechenden zu kalibrierenden Hydrofon-Gruppen 10 kann durch Vergleich der Signale mit einem bekannten Referenzsignal im Inneren des Kessels 1 ermittelt werden. Die Messungen können bei einer Frequenz durchgeführt werden, die entweder gleich der Resonanzfrequenz des Helmholz-Resonators ist oder bei einer Frequenz, die ein maximales Klangdrucklevel im Resonator erzeugt. Die Amplituden der Ausgangssignale von den Hydrofonen in den entsprechenden Gruppen werden gemessen und mit der Amplitude des Ausgangssignals von dem Referenzmikrofon 5 verglichen, das eine bekannte Empfindlichkeit (Sensitivität) hat. Die Empfindlichkeit der Hydrofone kann dann durch Vergleich mit der Amplitude des Ausgangssignals des Referenzmikrofons 5 verglichen werden.

Es ist darauf hinzuweisen, daß der Klangdruck im Helmholz-Resonator vom Resonatorvolumen abhängt und konsequenterweise von der Klangquelle, das heißt im Lautsprecher 3, und dessen Anregung. Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, daß der Klangdruck ausreicht, um die Bereiche eines seismischen Kabels 11 kalibrieren zu können. Ein typischer Wert für ein Klangdrucklevel ist beispielsweise 10 Mikrobar rms. Das Volumen des Hohlraums wird natürlich durch die Anzahl der Bereiche oder die Länge des seismischen Kabels 11, welches im Kessel 1 angeordnet ist, verändert. Je mehr Bereiche vorhanden sind, umso höher ist der Druck.

Es ist möglich, ein größeres Klangdrucklevel dadurch zu erreichen, daß Klangquellen mit einem größeren Hub genutzt werden, beispielsweise durch Ersetzen der Lautsprecher 3 mit einem Kolbensystem, beispielsweise einem motorbetriebenen Kolben. Ein derartiges Kolbensystem kann auch elektrodynamischer Bauart sein. Auch jeder andere Lautsprechertyp kann zu diesem Zweck eingesetzt werden.

In einer anderen Lösung wird das Volumen des Hohlraums oder des Kessels 1 durch Veränderung seiner geometrischen Abmessungen variiert. Dies kann in der Praxis beispielsweise dadurch erfolgen, daß der Kessel bzw. Hohlraum mit einer Flüssigkeit, wie beispielsweise Wasser, während der Messung gefüllt wird. Es kann auch zweckdienlich sein, die Geometrie des Horns 2 anzupassen. Dabei ist es für den Fachmann auf diesem Gebiet offensichtlich, daß dies auf verschiedene Art und Weise geschehen kann. Der Lautsprecher 3 oder die Klangwelle kann beispielsweise über einen einstellba-

= Piston pump

= Helmholz adaptiert

ren Flansch 12 mit dem Horn 2 verbunden sein, wodurch die Länge des Horns einstellbar ist (vgl. Fig. 2).

Bei dem erfindungsgemäßen Kalibrierverfahren für Hydrofon-Gruppen wird somit durch Verwendung eines Helmholtz-Resonators ein gleichförmiges Klangfeld erreicht, das eine genaue Kalibrierung der Hydrofon-Gruppen 10 in den einzelnen Bereichen oder in dem gesamten seismischen Kabel 11 erlaubt. Im letzteren Fall muß der Kessel selbstverständlich hinreichend groß dimensioniert sein, um die Kabellänge aufnehmen zu können. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, als Resonator einen Kessel 1 in Form eines bereits existierenden Tanks, beispielsweise eines sogenannten "Skin"-Tanks für seismische Kabel, zu verwenden, der mit geringfügigen Modifikationen als ein Helmholtz-Resonator ausgeführt werden kann. Die Kalibrierung erfolgt durch die Anregung der Klangquelle, das heißt des Lautsprechers 3, mit einer Frequenz, die ungefähr derjenigen der Helmholtz-Resonanz entspricht. Das führt dazu, daß das gesamte System wie ein einzelner, harmonischer Oszillator schwingt und daß ein nahezu isotropes Klangdruckfeld im Tank erzeugt wird. Das bedeutet mit anderen Worten, daß nur geringfügige Unterschiede bezüglich der Klangdruckhöhe an verschiedenen Orten innerhalb des Hohlraums bestehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung von Hydrofon-Gruppen (10), insbesondere Hydrofon-Gruppen in seismischen Kabeln (11) oder Bereichen von seismischen Kabeln, dadurch gekennzeichnet, daß ein Helmholtz-Resonator eingesetzt wird, daß das seismische Kabel (11) oder Bereiche von diesem in den Hohlraum (1) des Resonators eingebracht werden und über eine Hydrofon-Gruppen-Auswahlvorrichtung (9) mit einem Signalanalysator verbunden werden, daß eine Klangquelle (3), die im Helmholtz-Resonator angeordnet ist, mit einem weißen Rauschsignal oder einer Frequenz nahe der Resonanzfrequenz des Resonators angeregt wird, wodurch ein isotropes, akustisches Druckfeld in dem Resonator erzeugt wird, und daß die Empfindlichkeit der einzelnen Hydrofone in der jeweiligen Hydrofon-Gruppe (10), die kalibriert werden soll, dadurch bestimmt wird, daß die Hydrofonsignale an den Signalanalysator (6) weitergegeben werden, wo sie mit einem Referenzsignal von einem Transducer (5), der im Resonator angeordnet ist, verglichen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßmikrofon mit bekannter Empfindlichkeit als Referenztransducer (5) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfindlichkeit der Hydrofone dadurch bestimmt wird, daß das Frequenzbereichssignal von dem Meßmikrofon (5) und den einzelnen Hydrofonen in der Gruppe (10) jeweils gemessen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Messungen bei einer Frequenz durchgeführt werden, die der Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators entspricht.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators dadurch geändert wird, daß die Geometrie des Resonatorhohlraums geändert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Messungen bei einer Frequenz durchgeführt werden, bei der ein maximaler Klangdrucklevel im Resonator erreicht wird.

7. Kalibriervorrichtung zur Kalibrierung von Hydrofon-Gruppen (10), insbesondere Hydrofon-Gruppen (10) in einem seismischen Kabel (11) oder Bereichen von seismischen Kabeln, wobei die Kalibriervorrichtung einen Signalanalysator (6) umfaßt, der entsprechend mit einer Spannungsquelle (8) für ein Meßmikrofon (5), einer Auswahlvorrichtung (9) für die Hydrofon-Gruppe und einem Leistungsverstärker (7) zum Betreiben der Klangquelle (3) verbunden ist, die wiederum mit dem Signalgenerator des Signalanalysators (6) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibriervorrichtung einen Helmholtz-Resonator in Form eines trommelförmigen Kessels (1) umfaßt, der an der Seite einen trichterförmig geformten Ansatz aufweist, wobei der trichterförmig geformte Ansatz als akustisches Horn (2) ausgestaltet ist und eine Impedanzanpassung zwischen dem Kessel (1), der einen Resonanzhohlraum darstellt, und einem elektrodynamischen Transducer in Form eines Lautsprechers, der die Klangquelle (3) bildet und am Ende des Horns angeordnet ist, ermöglicht, und daß innerhalb des Kessels (1) ein Meßmikrofon (5) und eine Vorrichtung zur Aufnahme eines Bereichs des seismischen Kabels (11) angeordnet ist, wobei das letztere mit dem Signalanalysator (6) über die Auswahlvorrichtung (9) für die Hydrofon-Gruppen verbunden ist.

8. Kalibriervorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das akustische Horn (2) eine einstellbare Geometrie in der Art aufweist, daß die Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators veränderbar ist.

9. Kalibriersystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlraum (1) des Helmholtz-Resonators ein einstellbares Volumen hat, um die Resonanzfrequenz des Helmholtz-Resonators zu ändern.

10. Kalibriervorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlraum (1) des Helmholtz-Resonators derart ausgestaltet ist, daß er mit einer Flüssigkeit gefüllt werden kann.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

Fig. 1.

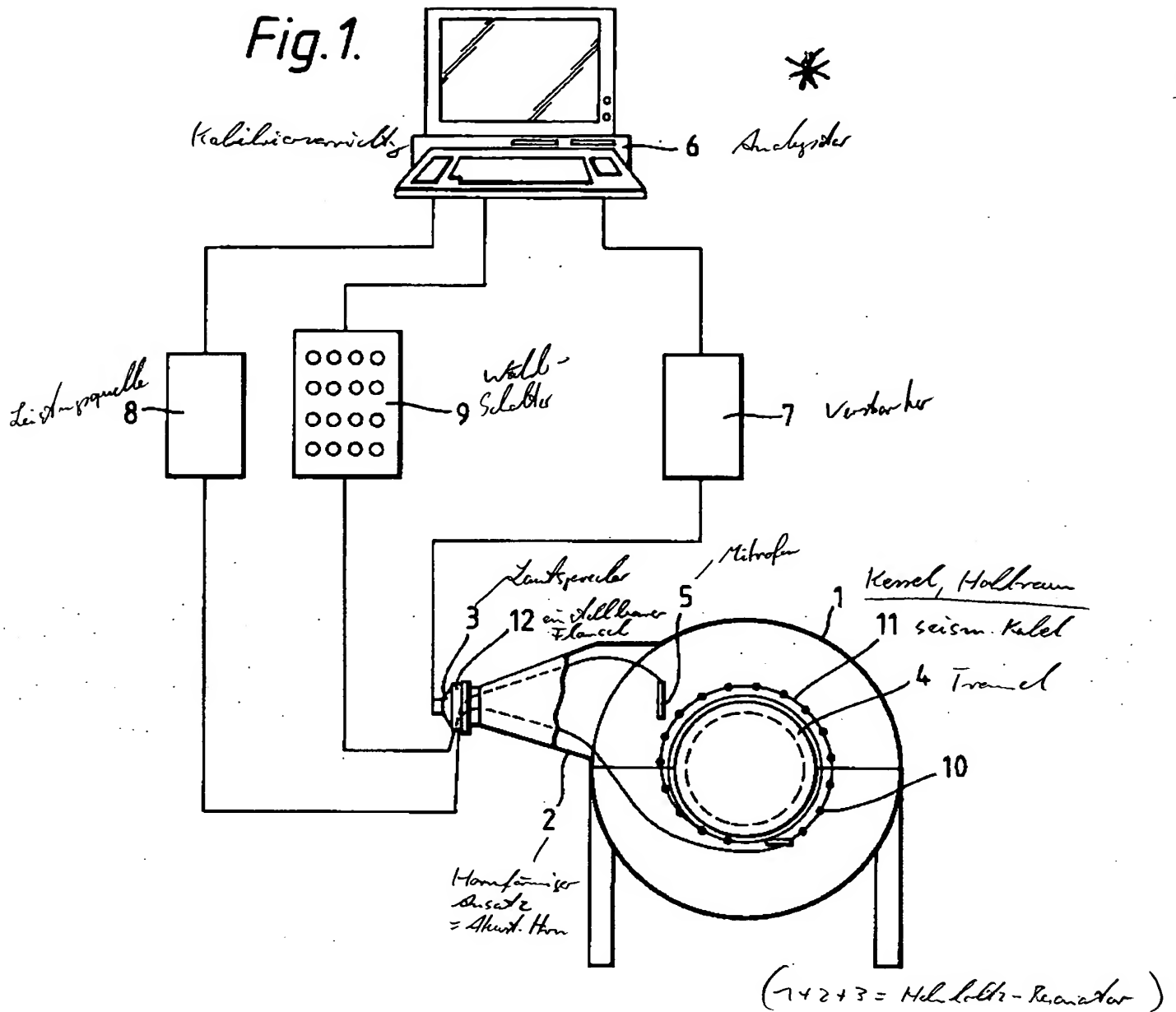


Fig. 2. Lautsprecher

